

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

3

(11)Publication number : 07-177107

(43)Date of publication of application : 14.07.1995

(51)Int.Cl.

H04B 17/00
H04B 7/26

(21)Application number : 05-320638

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 20.12.1993

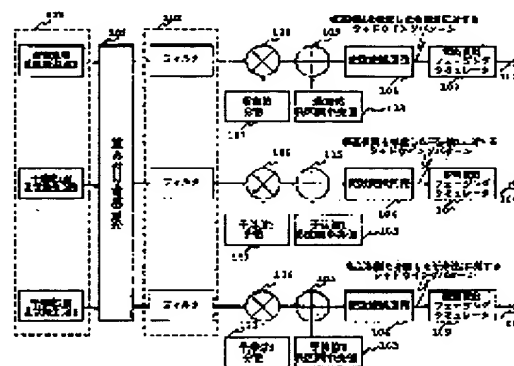
(72)Inventor : HAMABE KOJIRO
OKANOUE KAZUHIRO

(54) FADING SIMULATOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a fading simulator with high general-purpose performance which simulates noise by taking correlation of optional combinations with respect to a shadow wave caused in an interference wave between a desired wave and N-sets of waves into account.

CONSTITUTION: N+1 sets of random number generating circuit groups 100 generate an independent regular random number as a shadow wave with respect to an interference wave between a desired wave and N-sets of waves. A weighting synthesis circuit 101 applies weighting synthesis to a generated independent random number and provides output of N+1 sets of regular random numbers each having desired correlation. The N+1 sets of regular random numbers from the weighting synthesis circuit 101 are respectively smoothed by a filter group 102, prescribed variance and median are multiplied and added respectively to each wave and the result is inputted to a variable conversion circuit group 104. Each variable conversion circuit 104 converts a received regular random number into a random number according to, e.g. a logarithmic regular distribution and provides the result.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 12.08.1994

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2570158

[Date of registration] 24.10.1996

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C) 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-177107

(43) 公開日 平成7年(1995)7月14日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 B 17/00 7/26	C	7605-5K 7605-5K	H 0 4 B 7/ 26	C K

審査請求 有 請求項の数 4 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平5-320638

(22) 出願日 平成5年(1993)12月20日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 ▲濱▼辺 孝二郎

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72) 発明者 岡ノ上 和廣

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

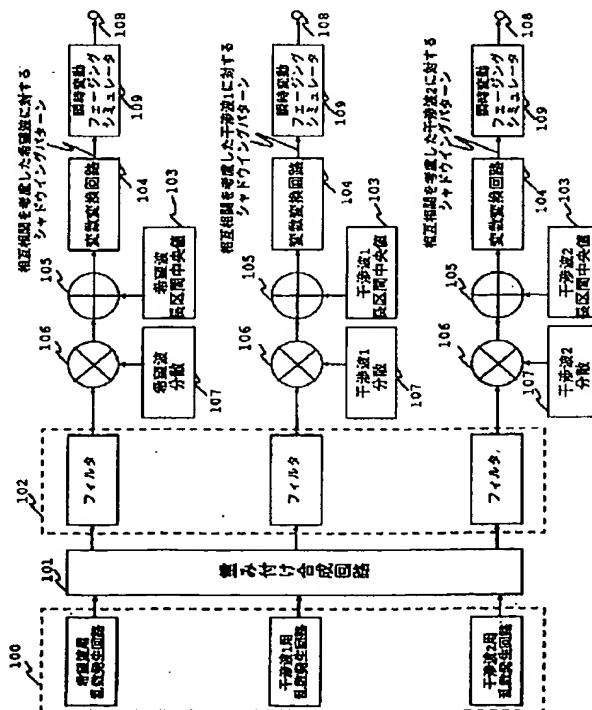
(74) 代理人 弁理士 京本 直樹 (外2名)

(54) 【発明の名称】 フェージングシミュレータ

(57) 【要約】

【目的】 本発明では、希望波とN波の干渉波に生じるシャドウイングに対して任意の組合せの相互相関を考慮してシミュレートすることができる汎用性の高いフェージングシミュレータを提供する。

【構成】 $N+1$ 個の乱数発生回路群 100 は、希望波とN波の干渉波に対するシャドウイングとして、独立な正規乱数を発生する。重みづけ合成回路 101 では、発生された独立な乱数を重みづけ合成し、それぞれの乱数が所望の相互相関を持つ $N+1$ 個の正規乱数として出力する。重みづけ合成回路 101 からの $N+1$ 個の正規乱数はそれぞれフィルタ群 102 によって平滑化され、それぞれの波に対して予め定められた分散及び中央値をそれぞれ乗算及び加算して、変数変換回路群 104 に入力される。それぞれの変数変換回路では、入力された正規乱数を例えば対数正規分布に従う乱数に変換して出力する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 希望波と N 波の干渉波から成る N+1 波の波を扱うフェージングシミュレータにおいて、

- a) それぞれ独立な白色の正規乱数過程を発生する N+1 個 (N は自然数) の乱数発生回路群と、
- b) 前記 N+1 個の正規乱数発生回路群からの出力を入力し、それぞれの入力信号を重みづけ合成して、N+1 個の相関のある乱数系列群を出力する重みづけ合成回路と、
- c) 前記重みづけ合成回路から得られる N+1 個の相関のある乱数系列群のそれぞれを入力とする N+1 個の低域フィルタ群と、
- d) 前記希望波と N 波の波に対する短区間中央値変動の分散を記憶する N+1 個の第 1 の記憶回路群と、
- e) 前記第 1 の記憶回路群に記憶された値と前記 N+1 個の低域フィルタ群の出力を乗算する N+1 個の乗算器群と、
- f) 前記希望波と N 波の波に対する長区間中央値を記憶する N+1 個の第 2 の記憶回路群と、
- g) 前記 N+1 個の乗算器群のそれぞれの出力に対して、前記 N+1 個の第 2 の記憶回路群に記憶されている前記希望波と N 波の波に対する長区間中央値を加算する N+1 個の加算器群と、
- h) 前記 N+1 個の加算器群の出力に対して変数変換を行なう変数変換回路と、を有することを特徴とするフェージングシミュレータ。

【請求項 2】 請求項 1 記載の N+1 個の正規乱数発生回路群において、

- a) 前記 N+1 個の正規乱数発生回路群から発生される独立な白色の正規乱数過程は、それぞれ等しい分散を有する、ことを特徴とする請求項 1 記載のフェージングシ

$$a) a_{1,1} = 1.0, a_{1,j} = \rho_{1,j}, a_{2,2} = \sqrt{1.0 - a_{1,2}^2}, (j = 2, 3, \dots, N+1) \text{ とし,}$$

$$b) j = 3, 4, \dots, N+1 \text{ の順で } j \text{ を固定し, } a_{i,j} = \frac{\rho_{i,j} - \sum_{k=1}^{i-1} a_{i,k} a_{k,j}}{a_{i,i}} \text{ に従って, } i =$$

$$2, 3, \dots, j-1 \text{ について漸化的に求め, さらに, } a_{j,j} \text{ を } a_{j,j} = \sqrt{1 - \sum_{i=1}^{j-1} a_{i,j}^2}$$

として求め、漸化的に $a_{i,j}, j = 1, 2, \dots, N+1, i = 1, 2, \dots, j$ を求める

40

ことを特徴とする請求項 1, 2 及び 3 記載のフェージングシミュレータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、希望波と N 波の干渉波に生じるシャドウイングの相関を考慮した通信路をシミュレートすることができる汎用性の高いフェージングシミュレータに関する。

【0002】

【従来の技術】 陸上移動通信における電波伝搬環境を特

50

ミュレータ。

【請求項 3】 請求項 1 記載の重みづけ合成回路において、N+1 個 (N は自然数) の入力信号、 $R_i, i = 1, 2, \dots, N+1$ に対して、

- a) 入力信号 $R_i (i = 1, 2, \dots, N+1)$ に対する第 1 の重みづけ係数群 $a_{i,i}$ を記憶する記憶回路群 1 と、
- b) 前記第 1 の重みづけ係数群 $a_{i,i}$ と前記入力信号 $R_i (i = 1, 2, \dots, N+1)$ をそれぞれ入力とする N+1 個の第 1 の乗算回路群 $Mul t i i, i$ と、
- c) i 番目 ($i = 1, 2, \dots, N+1$) の入力信号 R_i に対する N+1-i 個の第 2 の重みづけ係数群 $a_{i,j}, (j = i+1, i+2, \dots, N+1)$ を記憶する第 2 の記憶回路群と、
- d) 前記 i 番目 ($i = 1, 2, \dots, N+1$) の入力信号 R_i と前記第 2 の重みづけ係数群 $a_{i,j}, (j = i+1, i+2, \dots, N+1)$ を入力とする第 2 の乗算回路群 $Mul t i i, j$ と、
- e) 前記 N+1 個の第 1 の乗算回路群の k 番目 ($k = 2, 3, \dots, N+1$) の乗算回路 ($Mul t i k, k$) の出力と前記第 2 の乗算回路群のうち $Mul t i n, k, (n = 1, 2, \dots, k-1)$ の出力を入力とする N 個の加算器群とを、有することを特徴とする請求項 1 及び 2 記載のフェージングシミュレータ。

【請求項 4】 請求項 3 記載の第 1 及び第 2 の重みづけ係数群、 $a_{i,j}, (i = 1, 2, \dots, N+1, j = i, i+1, \dots, N+1)$ において、重みづけ合成回路出力のうち i 番目の出力と j 番目の出力との正規化相関係数を $\rho_{i,j} (= \rho_{j,i})$ 、それぞれの自乗平均値を 1.0 とするとき、

【数 1】

$$a_{1,1} = 1.0, a_{1,j} = \rho_{1,j}, a_{2,2} = \sqrt{1.0 - a_{1,2}^2}, (j = 2, 3, \dots, N+1) \text{ とし,}$$

$$b) j = 3, 4, \dots, N+1 \text{ の順で } j \text{ を固定し, } a_{i,j} = \frac{\rho_{i,j} - \sum_{k=1}^{i-1} a_{i,k} a_{k,j}}{a_{i,i}} \text{ に従って, } i =$$

$$2, 3, \dots, j-1 \text{ について漸化的に求め, さらに, } a_{j,j} \text{ を } a_{j,j} = \sqrt{1 - \sum_{i=1}^{j-1} a_{i,j}^2}$$

として求め、漸化的に $a_{i,j}, j = 1, 2, \dots, N+1, i = 1, 2, \dots, j$ を求める

40

徴づける要因として、次の 3 つの現象を挙げることがができる。

【0003】 1. 伝搬距離の差が搬送波波長オーダ程度の波が合成された信号を受信するため、送信局あるいは受信局が搬送波波長オーダ程度移動すると受信レベルが大きく変動する現象 (レイリーフェージング)

2. 伝搬距離の差が信号帯域幅の逆数オーダ以上の波が合成される場合、ゴーストや符号間干渉による歪が生じる現象 (周波数選択性フェージング)

3. 送信局あるいは受信局周囲のビルや樹木によつ

3

て、信号が遮られることによる受信信号レベルの変動
(シャドウイング、短区間中央値変動)

陸上移動通信では、これらの現象が複合して生じるため、非常に複雑な伝搬モデルを考慮する必要がある。このような伝搬環境をシミュレートするために、周波数選択性フェージングとレイリーフェージングを考慮したもの(例えば、辻本一郎、“フェージングシミュレータ”、特願平2-86352)が知られている。一方、シャドウイングの効果も考慮したシミュレータとしては、図2のように、実際に電波を発射する実験を行なって得られたシャドウイングによる受信信号レベル変動のデータを用い、その値を元にレイリーフェージングのシミュレートを行なう構成のものが知られている(金井敏仁、武次将徳、近藤誠司、古谷之綱“デジタル移動通信高速ハンドオフ方式実験システム”、電子情報通信学会、無線通信システム研究会技術報告書、RCS89-37、1989年)。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上述のように、シャドウイングを考慮したフェージングシミュレータとしては、実験に基づいたデータを用いたものしか知られておらず、汎用性が非常に低い。さらに、セルラーシステムにおいては、電波のオーバーリーチ等により、移動局では様々な方向に存在する複数の基地局からの電波を受信してしまう。シャドウイングは、送信点や受信点の周囲のビルや樹木によって生じるものであるから、受信点から見て同じ方向にある基地局からの電波には相関の高いシャドウイングが生じており、異なる方向にある基地局からの電波には相関の低いシャドウイングが生じていると考えられ、このように、汎用性の高いシミュレータを得るためには、シャドウイングの相関も考慮する必要がある。

【0005】

【課題を解決するための手段】本願の発明である希望波とN波の干渉波から成るN+1波の波を扱うフェージングシミュレータにおいて、a)それぞれ独立な白色の正規乱数過程を発生するN+1個(Nは自然数)の乱数発生回路群と、b)前記N+1個の正規乱数発生回路群からの出力を入力し、それぞれの入力信号を重みづけ合成して、N+1個の相関のある乱数系列群を出力する重みづけ合成回路と、c)前記重みづけ合成回路から得られるN+1個の相関のある乱数系列群のそれぞれを入力とするN+1個の低域フィルタ群と、d)前記希望波とN

$$a) a_{1,1} = 1.0, a_{1,j} = \rho_{1,j}, a_{2,2} = \sqrt{1.0 - a_{1,2}^2}, (j = 2, 3, \dots, N+1)$$

【0010】とし、b) $j = 3, 4, \dots, N+1$ の順でjを固定し、

【0011】

【数3】

4

波の波に対する短区間中央値変動の分散を記憶するN+1個の第1の記憶回路群と、e)前記第1の記憶回路群に記憶された値と前記N+1個の低域フィルタ群の出力を乗算するN+1個の乗算器群と、f)前記N+1個の乗算器群の出力に対して変数変換を行なう変数変換回路と、g)前記希望波とN波の波に対する長区間中央値を記憶するN+1個の第2の記憶回路群と、h)前記N+1個の変数変換回路群のそれぞれの出力に対して、前記N+1個の第2の記憶回路群に記憶されている前記希望波とN波の波に対する長区間中央値を加算するN+1個の加算器群とを有している。

【0006】本願の発明のフェージングシミュレータの正規乱数発生回路群において、a)前記N+1個の正規乱数発生回路群から発生される独立な白色の正規乱数過程は、それぞれ等しい分散を有するものを用いている。

【0007】本願の発明のフェージングシミュレータの重み付け合成回路において、N+1個(Nは自然数)の入力信号、 R_i 、 $i = 1, 2, \dots, N+1$ に対して、a)入力信号 R_i 、($i = 1, 2, \dots, N+1$)に対する第1の重みづけ係数群 $a_{i,i}$ を記憶する記憶回路群1と、b)前記第1の重みづけ係数群 $a_{i,i}$ と前記入力信号 R_i 、($i = 1, 2, \dots, N+1$)をそれぞれ入力とするN+1個の第1の乗算回路群 $Mult_{i,i}$ と、c)i番目($i = 1, 2, \dots, N+1$)の入力信号 R_i に対するN+1-i個の第2の重みづけ係数群 $a_{i,j}$ 、($j = i+1, i+2, \dots, N+1$)を記憶する第2の記憶回路群と、d)前記i番目($i = 1, 2, \dots, N+1$)の入力信号 R_i と前記第2の重みづけ係数群 $a_{i,j}$ 、($j = i+1, i+2, \dots, N+1$)を入力とする第2の乗算回路群 $Mult_{i,j}$ と、e)前記N+1個の第1の乗算回路群のk番目($k = 2, 3, \dots, N+1$)の乗算回路($Mult_{i,k}$)の出力と前記第2の乗算回路群のうち $Mult_{i,n,k}$ 、($n = 1, 2, \dots, k-1$)の出力を入力とするN個の加算器群とを有している。

【0008】本願のフェージングシミュレータの重み付け合成回路の重み付け係数群において、重みづけ合成回路出力のうちi番目の出力とj番目の出力との正規化相関係数を $\rho_{i,j}$ ($= \rho_{j,i}$)、それぞれの自乗平均値を1.0とするとき、

【0009】

【数2】

$$a_{i,j} = \frac{\rho_{i,j} - \sum_{k=1}^{i-1} a_{k,i} a_{k,j}}{a_{i,i}}$$

【0012】に従って、 $i = 2, 3, \dots, j-1$ について漸化的に求め、さらに、 $a_{j,j}$ を

【0013】

5

【数4】

$$a_{i,j} = \sqrt{1 - \sum_{k=1}^{j-1} a_{i,k}^2}$$

【0014】として求めることにより、 $a_{i,j}$ 、 $j = 1, 2, \dots, N+1$ $i = 1, 2, \dots, j$ を求めている。

【0015】

【作用】受信レベルの短区間中央値をRとすれば、Rはシャドウイングにより、対数正規分布に従って変動することが知られている（例えば、桑原守二監修、自動車電話、電子情報通信学会発行、コロナ社、昭和60年）。ここで、

【0016】

【数5】

$$X = \log(R) - \log(\bar{R}) \quad (1)$$

【0017】と変数変換すれば、Xは平均零の正規分布に従う確率変数となる。但し、

【0018】

【外1】

$$\begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_N \\ Y_{N+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{1,1} & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ a_{1,2} & a_{2,2} & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ a_{1,N} & a_{2,N} & a_{3,N} & \cdots & a_{N,N} & 0 \\ a_{1,N+1} & a_{2,N+1} & a_{3,N+1} & \cdots & a_{N,N+1} & a_{N+1,N+1} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_N \\ X_{N+1} \end{pmatrix} \quad (3)$$

【0022】で示される方程式を考慮すれば十分である。問題は、この方程式において、

$$\langle Y_i \cdot Y_j \rangle = \rho_{i,j} \quad (4)$$

$$\langle Y_i \cdot Y_i \rangle = 1.0 \quad (5)$$

という条件を満たすように、 $a_{i,j}$ を定めることができることに帰着する。ここで、 $\langle Y_i \cdot Y_j \rangle$ は、 Y_i と

$$\sum_{j=1}^i a_{i,j}^2 = 1.0 \quad (j \geq i, i, j = 1, 2, \dots, N+1) \quad (6)$$

【0024】が得られる。また、式(3)及び式(4)と、 X_1, X_2, \dots, X_{N+1} の性質より、

$$\rho_{i,j} = \sum_{k=1}^i a_{k,i} a_{k,j} \quad (i < j, i = 1, 2, \dots, N, j = 2, 3, \dots, N+1) \quad (7)$$

【0026】が得られる。ここで、式(6)より、 $a_{1,1} = 1.0$ for $i = 1$ (8)

【0027】

【数9】

$$\sum_{j=1}^{i-1} a_{i,j}^2 + a_{i,i}^2 = 1.0 \quad \text{for } i > 1 \quad (9)$$

6

 \bar{R}

【0019】はRの中央値である。

【0020】本発明では、シャドウイングを表す変数を式1のように変数変換し、正規分布変数として考える。そこで、希望波とN波の干渉波のN+1波の波が存在する場合を考え、それぞれの波に対するシャドウイングをシミュレートするために、まず、N+1個の独立な平均が零で分散が1の白色正規乱数、 X_1, X_2, \dots, X_{N+1} を発生する。さらに、それぞれのシャドウイングの相関を考慮するために、 X_1, X_2, \dots, X_{N+1} を線形結合し、平均零、分散1のそれぞれ相関のある変数変換されたシャドウイング Y_1, Y_2, \dots, Y_{N+1} を求めることを考える。ここで、N+1波のi番目の波とj番目の波の相関係数を $\rho_{i,j}$ とすると、

$$\rho_{i,j} = \rho_{j,i} \quad (2)$$

が成立するので、対象性を考慮すると、

【0021】

【数6】

Y_j の平均を示す。 $a_{i,j}$ を定めることができれば、変数変換された相関のあるシャドウイングが得られることになる。式(3)及び式(5)と、 $X_1 + X_2, \dots, X_{N+1}$ の性質より、

【0023】

【数7】

【0025】

【数8】

【0028】が得られる。式(9)より、

【0029】

【数10】

$$a_{i,i} = \sqrt{1.0 - \sum_{j=1}^{i-1} a_{i,j}^2} \quad (10)$$

【0030】が求められる。式(10)は、±の符号が異なる値を取り得るが、ここでは簡単のため、正の値を用いる。一方、式(7)より、

$$\rho_{i,j} = \sum_{k=1}^1 a_{k,i} a_{k,j} = a_{1,j} \quad \text{for } i=1, j>i \quad (11)$$

$$\rho_{i,j} = \sum_{k=1}^{i-1} a_{k,i} a_{k,j} + a_{i,i} a_{i,j} \quad \text{for } i>1, j>i \quad (12)$$

【0032】が得られる。さらに、式(12)より、 10 【数12】

【0033】

$$a_{i,j} = \frac{\rho_{i,j} - \sum_{k=1}^{i-1} a_{k,i} a_{k,j}}{a_{i,i}} \quad (13)$$

【0034】が得られる。式(6)～式(13)より、 $a_{i,j}$ は、図3に示すフローに従って、漸化的に求めることができる。 $a_{i,j}$ で与えられる係数を用いて X_1, X_2, \dots, X_{N+1} を重みづけ合成することにより、与えられた相関係数 $\rho_{i,j}$ 、 $i, j=1, 2, \dots, N+1$ で定められる相関を有し、平均零、分散1の正規分布変数 Y_1, Y_2, \dots, Y_{N+1} を得る。以上のよう

に得られた Y_1, Y_2, Y_{N+1} を、実際のシャドウイングをシミュレートする変数に変換する。すなわち、シ

$$R_i = \bar{R}_i 10^{\sigma_i Y_i} \quad i=1, 2, \dots, N+1$$

【0038】を行なうことによって実現できる。以上に、目的とする希望波と $N+1$ 波の干渉波の任意の組合せに対する相互相関を有するシャドウイング R_i 、 $i=1, 2, \dots, N+1$ を得ることができる。

【0039】

【実施例】本発明を希望波と2波の干渉波を考慮した場合に適用した実施例を図1に示す。図において、100は希望波と2波の干渉波に対するシャドウイングの基となる乱数発生回路群、101は重みづけ合成回路、102はフィルタ群、103は希望波と2波の干渉波に対するシャドウイングの長区間中央値を記憶するメモリ群、104は変数変換回路群、105は加算器群、106は乗算器群、107は希望波と2波の干渉波に対するシャドウイングの分散を記憶するメモリ群、108は出力端子群、109は瞬時変動フェージングシミュレータ群である。乱数発生回路群100では、希望波と2波の干渉波に対するシャドウイングの基となる平均零、分散1で、それぞれが独立となる3つの正規乱数が発生され

シミュレート条件に合うように、シミュレートする希望波及び $N+1$ 波の干渉波に対する分散 σ_i と中央値

【0035】

【外2】

\bar{R}_i

20 【0036】をそれぞれ乗算及び加算し、式1の逆変換を行なう。この操作は、

【0037】

【数13】

(14)

る。これらの乱数群は、重み付け合成回路101に入力され、予め定められた相関が与えられる。

【0040】希望波と2波の干渉波を考慮する場合、重み付け合成回路101は、例えば、図4のように構成することができる。図4において、400～402は入力端子、403～407は乗算器、408、409は加算器、410～414はメモリ、415～417は出力端子である。乱数発生回路群100から出力される、希望波、干渉波1、干渉波2のシャドウイングの基となる乱数は、それぞれ入力端子400～402から入力され、図4に示されるように重み付け合成される。ここで、 $\rho_{D-I1}, \rho_{D-I2}, \rho_{I1-I2}$ は、希望波－干渉波1、希望波－干渉波2、干渉波1－干渉波2に生じさせる予め定められた相関係数であり、メモリ410～413には、 $\rho_{D-I1}, \rho_{D-I2}, \rho_{I1-I2}$ を変数として、

【0041】

【数14】

$$410 = \rho_{D-11} \quad (15)$$

$$414 = \rho_{D-12} \quad (16)$$

$$411 = \sqrt{1 - \rho_{D-11}^2} \quad (17)$$

$$412 = \frac{\rho_{11-12} - \rho_{D-11} \cdot \rho_{D-12}}{\sqrt{1 - \rho_{D-11}^2}} \quad (18)$$

$$413 = \sqrt{1 - \rho_{D-12}^2 - \frac{(\rho_{11-12} - \rho_{D-11} \cdot \rho_{D-12})^2}{1 - \rho_{D-11}^2}} \quad (19)$$

【0042】で与えられる値を記憶している。乱数発生回路群100から発生された乱数群は、メモリ410～414、加算器408、409及び乗算器403～406によって重み付けされ、所望の相関が付加されて、出力端子415～417から、希望波、干渉波1、干渉波2に対する相関のあるシャドウイングを示す乱数としてそれぞれ出力される。

【0043】一般に、希望波とN波の干渉波のN+1波を考慮する場合、j、(j=1, 2, ..., N+1)番目の入力乱数に対する重み付け合成回路の部分は、図5のように構成することができる。図5において、500-1～500-jは入力端子群、501-1～501-(j-1)及び502は乗算器、503は加算器、504-1～504-jはメモリ、505は出力端子である。N+1波を考慮する場合、N+1個の乱数発生回路から乱数が発生され、j番目の乱数に対しては、1, 2, ..., j番目の乱数発生回路からの信号が入力端子500-1～500-jからそれぞれ入力される。入力されたj個の乱数は、図5のように、重み係数

$a_{1,j}, a_{2,j}, \dots, a_{j,j}$ のj個の係数を用いて、重み付けされる。ここで、 $a_{1,j}, a_{2,j}, \dots, a_{j,j}$ のj個の係数は、それぞれの波の任意の組合せに相互相関係数 $\rho_{i,j}$ 、(i=1, 2, ..., j, j=1, 2, ..., N+1)が与えられれば、図3に示すフローに従って、漸次的に求めることができる。

【0044】以上のようにして得られた重み付け合成回路101からの出力は、平均0、分散1の相関のある正規乱数である。ここで、各波のシャドウイングに対する適切な時間変動を与えるために、重み付け合成回路101のそれぞれの出力をフィルタ群102により平滑化を行なう。ここで、フィルタ群102のそれぞれの伝達関数 $H_j(\omega)$ は、

$$|H_j(\omega)|^2 = 1, 0 \quad (20)$$

の条件を満たしており、直流オフセットを生じさせないものを用いることにより、それぞれの乱数の分散及び平均は保存される。フィルタ群102の出力に応じて、所望のシャドウイングの分散を与えるために、メモリ群107に記憶されている各波に対するシャドウイングの分散を乗算するとともに、メモリ群103に記憶されている各波の長区間中央値を加算するさらに、変数変換回路

群104では、分散と中央値がそれぞれ乗算、加算された正規乱数を、式(14)に基づいて対数正規分布乱数に変換し、所望の相互相関が生じるシャドウイングを得る。以上のようにして得られた各波のシャドウイングを、例えば、既存の瞬時変動フェージングシミュレータ群109(レイリーフェージングシミュレータ)に入力し、与えられたシャドウイングに基づいた瞬時変動を与えることにより、より精密な伝搬環境をシミュレートすることができる。

【0045】尚、本発明は、ソフトウェアを用いて実装することも可能である。また、本実施例において、重み付け合成回路101、フィルタ群102、中央値加算部(希望波と2波の干渉波に対するシャドウイングの長区間中央値を記憶するメモリ群103及び加算器群105)、分散乗算部(希望波と2波の干渉波に対するシャドウイングの分散を記憶するメモリ群107及び乗算器群106)は、全て線形操作であるから順番を入れ換えて実施しても、同等の効果をすることができる。

【0046】

【発明の効果】本発明により、陸上移動通信において生じるシャドウイングに対し、希望波及び干渉波の任意の組合せに対する相互相関を考慮したシミュレーションを容易に行なうことが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本願の第1の発明を希望波と2波の干渉波を考慮した場合に適用した実施例を示す系統図である。

【図2】従来の技術を示す系統図である。

【図3】重みづけ合成回路101の重み係数を求めるフローを示すフローチャートである。

【図4】希望波と2波の干渉波を考慮した場合の重みづけ合成回路の実施例を示す系統図である。

【図5】一般にN+1波を考慮した場合の第j番目の乱数発生回路の出力に対する重み付け回路構成を示す系統図である。

【符号の説明】

100 希望波と2波の干渉波に対するシャドウイングの基となる乱数発生回路群
101 重みづけ合成回路
102 フィルタ群
103 希望波と2波の干渉波に対するシャドウイング

の長区間中央値を記憶するメモリ群

104 変数変換回路群

105 加算器群

106 乗算器群

107 希望波と2波の干渉波に対するシャドウイング

の分散を記憶するメモリ群

108 出力端子群

109 瞬時変動フェージングシミュレータ群

200 測定実験で得られたシャドウイングデータを記憶するメモリ回路群

201 瞬時変動フェージングをシミュレートするレイ
リーフェージングシミュレータ群

202 出力端子群

400~402 入力端子

403~407 乗算器

408, 409 加算器

410~414 メモリ

415~417 出力端子

500-1~500-j 入力端子群

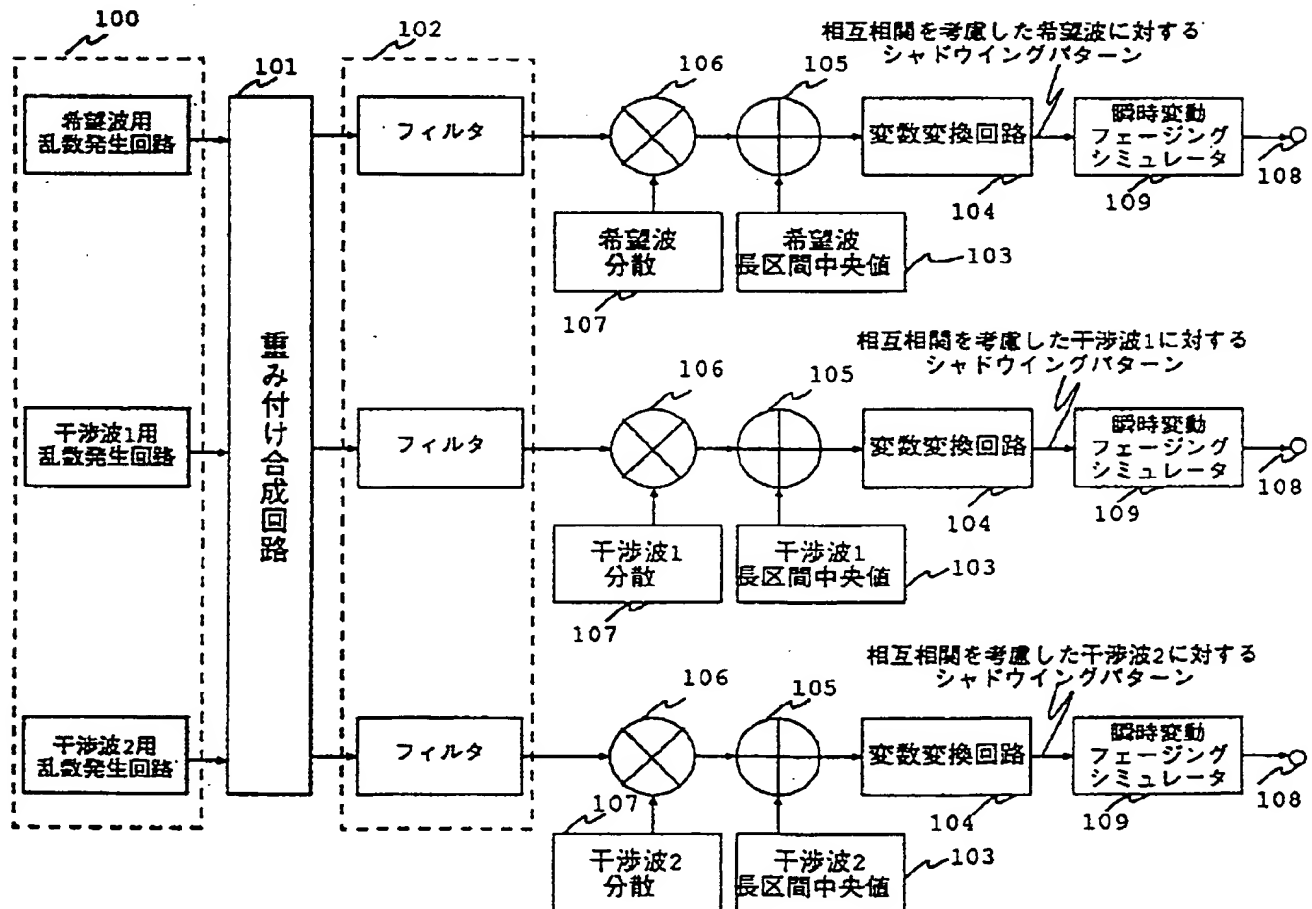
501-1~501-(j-1), 502 乗算器

503 加算器

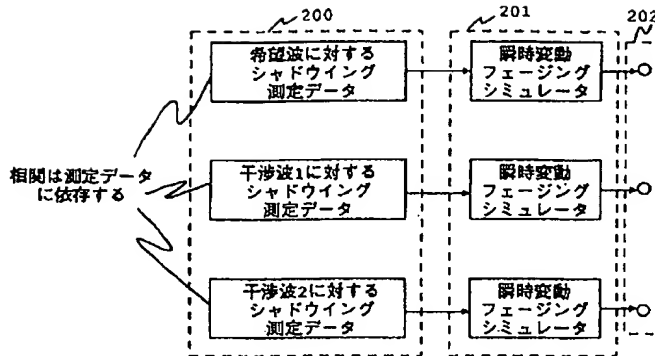
10 504-1~504-j メモリ

505 出力端子

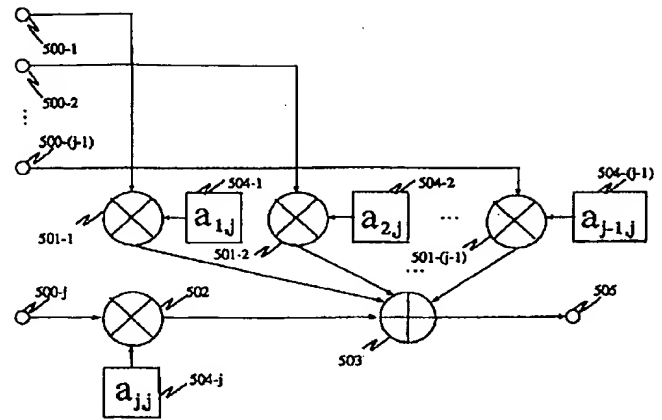
【図1】



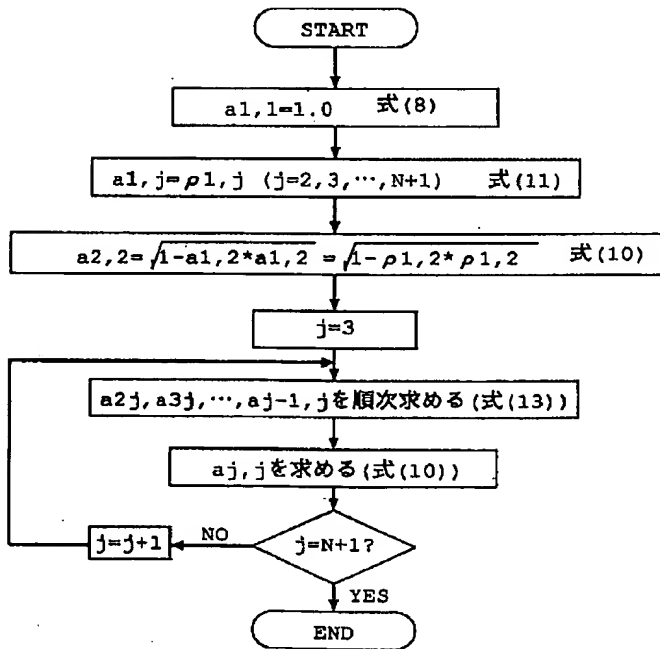
【図2】



【図5】



【図3】



【図4】

